

**LASER THIN FILM FORMING DEVICE**

**Patent number:** JP2004035987  
**Publication date:** 2004-02-05  
**Inventor:** YAMANAKA HIDEO; OKAZAKI YOJI; NAGANO KAZUHIKO  
**Applicant:** FUJI PHOTO FILM CO LTD  
**Classification:**  
- international: C23C16/48; H01S3/00; C23C16/48; H01S3/00; (IPC1-7): C23C16/48; H01S3/00  
- european:  
**Application number:** JP20020198248 20020708  
**Priority number(s):** JP20020198248 20020708

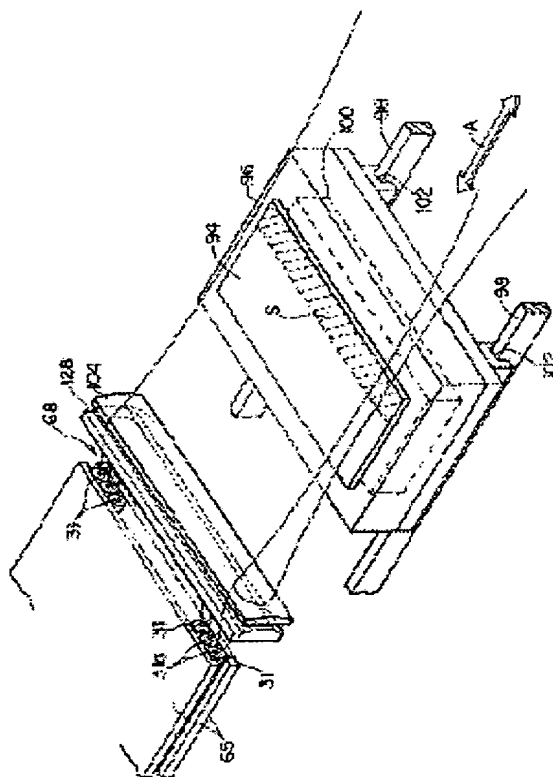
Report a data error here

**Abstract of JP2004035987**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a low-cost and a long-life laser thin film forming device capable of uniformly forming the thin film in large area.

**SOLUTION:** A raw material gas is photolyzed by making laser beam incident in a chamber to deposit the thin film S on a substrate 94. A light-emitting part 68 of a laser light source is arranged in line shape along the width direction of the substrate 94. The laser beam is condensed in line shape to the width direction of the substrate 94 by a collimator lens 128 and a cylindrical lens 104 and the beam is irradiated in the form of line beam. Therefore, it is not required to scan the line beam and the thin film is uniformly formed on the whole surface only by moving a moving stage 96 to the arrow A direction. The low-cost and long-life light source is obtained by using a group III nitride based semiconductor laser as the laser light source.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-35987

(P2004-35987A)

(43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

C23C 16/48

H01S 3/00

F1

C23C 16/48

H01S 3/00

B

テーマコード(参考)

4K030

5F072

審査請求 未請求 請求項の数 5 Q L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2002-198248(P2002-198248)

(22) 出願日 平成14年7月8日(2002.7.8)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(74) 代理人 100079049

弁理士 中島 淳

(74) 代理人 100084995

弁理士 加藤 和詳

(74) 代理人 100085279

弁理士 西元 勝一

(74) 代理人 100099025

弁理士 福田 浩志

(72) 発明者 山中 英生

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地

富士写真フイルム株式会社内

最終頁に続く

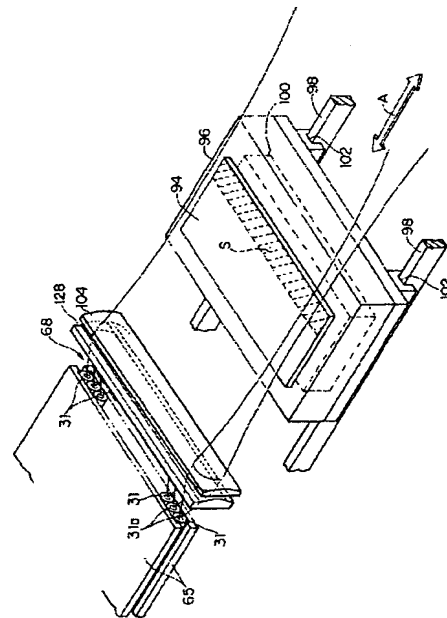
(54) 【発明の名称】 レーザ薄膜形成装置

## (57) 【要約】

【課題】大面積を均一に成膜でき、また、低コストで寿命の長いレーザ薄膜形成装置を得る。

【解決手段】チャンバーへレーザビームを入射させ、原料ガスを光分解し、薄膜Sを基板94上に堆積させる。レーザ光源のレーザ出射部68は、基板94の幅方向に沿ってライン状に配列されている。このレーザビームは、コリメータレンズ128とシリンドリカルレンズ104により基板94の幅方向へライン状に集光されラインビームとなって照射される。このため、ラインビームを走査する必要がなく、移動ステージ96を矢印A方向へ移動させるだけで全面を均一に成膜できる。また、レーザ光源としてIII族窒化物系半導体レーザを用いることで、低コストで長寿命の光源とすることができる。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

反応容器内へレーザビームを入射させ、反応容器内に供給された原料ガスを光分解し、薄膜を基板上に堆積させるレーザ薄膜形成装置において、  
少なくとも 1 つの半導体レーザによって、複数の発光点が生じるように構成されたレーザ光源と、  
前記レーザ光源から出射されたレーザビームを前記基板の幅方向へライン状に集光させる光学系と、  
を有することを特徴とするレーザ薄膜形成装置。

**【請求項 2】**

前記基板が載置され、該基板の幅方向と直交する方向へ移動可能な移動ステージを有することを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ薄膜形成装置。

**【請求項 3】**

反応容器内へレーザビームを入射させ、反応容器に収納された固体材料に照射することで固体材料を気化させ、薄膜を基板上に堆積させるレーザ薄膜形成装置において、  
前記レーザビームが出射するレーザ出射部が前記固体材料の幅方向に沿ってライン状に配列されたレーザ光源と、  
前記レーザ光源から出射されたレーザビームを前記固体材料の幅方向に亘ってライン状に集光させる光学系と、  
を有することを特徴とするレーザ薄膜形成装置。

**【請求項 4】**

前記レーザ光源を、下記 (1) ~ (5) の何れか 1 つの光源で構成した請求項 1 から請求項 3 の何れかに記載のレーザ薄膜形成装置。

(1) 複数の半導体レーザと、1 本の光ファイバと、前記複数の半導体レーザの各々から出射されたレーザビームを集光し、集光ビームを前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系と、を備えた合波レーザ光源。

(2) (1) の合波レーザ光源における前記半導体レーザを、複数の発光点を備えたマルチキャビティレーザで構成した合波レーザ光源。

(3) 複数の発光点を備えたマルチキャビティレーザと、1 本の光ファイバと、前記複数の発光点の各々から出射されたレーザビームを集光し、集光ビームを前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系と、を備えた合波レーザ光源。

(4) 前記合波レーザ光源を複数備え、該複数の合波レーザ光源の光ファイバの出射端における発光点の各々がアレイ状に配列されたファイバアレイ光源、又はバンドル状に配列されたファイババンドル光源。

(5) 単一の半導体レーザと、1 本の光ファイバと、前記単一の半導体レーザから出射されたレーザビームを集光し、集光ビームを前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系と、を備えたファイバ光源を複数備え、該複数のファイバ光源の光ファイバの出射端における発光点の各々がアレイ状に配列されたファイバアレイ光源、又はバンドル状に配列されたファイババンドル光源。

**【請求項 5】**

前記レーザ光源が、Al、Ga、In の少なくとも 1 種類を含む発光層を有する III 族窒素系半導体レーザで構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 の何れかに記載のレーザ薄膜形成装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、閉空間内の原料ガス又は固体材料へレーザビームを入射させ、分解・合成反応した生成物で閉空間内に収納した基板上に薄膜を堆積させるレーザ薄膜形成装置に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】**

レーザによる成膜法のうち、レーザビームによる原料ガスや固体材料の分解・反応を利用して基板上に薄膜を堆積させる方法がある。

**【0003】**

CVD (Chemical Vapor Deposition: 化学的気相成長) による薄膜形成法は、閉空間とされたチャンバー内へレーザビームを入射させ、チャンバー内に供給された原料ガスを光エネルギーにより分解し、薄膜を基板上に堆積させるものであり、また、レーザスパッタによる薄膜形成法は、閉空間とされたチャンバー内へレーザビームを入射させ、チャンバー内の固体材料を照射することで固体材料を気化させ、薄膜を基板上に堆積させるものである。

10

**【0004】**

このように、励起エネルギーとしてレーザを使用することで、他のPVD (蒸着・スパッタ等)、CVD (熱、プラズマ等) と比べて、成膜の対象である基板の温度が上昇しないので、内部応力が小さい薄膜が形成できるため、特に、大サイズの基板の場合、反りを小さくすることができる。

**【0005】**

ところで、図13に示すように、従来の薄膜形成方法では、波長が約193nmのArFエキシマレーザ140が使用されてきた。

**【0006】**

このArFエキシマレーザ140は、パルス幅が一定であり、所望の物性を有した粒径が得られないという問題がある。また、ArFエキシマレーザ140は、パルス駆動の繰り返し周波数が2kHzと遅いので、エネルギーを蓄積するのに時間が掛かり、成膜速度が遅く生産効率がよくない。

20

**【0007】**

さらに、ArFエキシマレーザ140は高価であり、その寿命も約 $5 \times 10^7$ ショットと短くランニングコストも高くなる。

**【0008】**

また、従来のレーザ・スパッタ薄膜形成装置は、単一のArFエキシマレーザ140から出射されたレーザビームを光学走査系142で偏向して基板94の幅方向(A方向)へ薄膜を形成し、長さ方向(B方向)は基板94が載置されたステージ144を移動させることで成膜していた。

30

**【0009】**

このため、液晶用Si-TFT、太陽電池等のように、成膜面積の大きい製品の薄膜形成には利用することができなかった。

**【0010】****【発明が解決する課題】**

本発明は上記事実を考慮して、大面積を均一に成膜でき、また、低コストで寿命の長いレーザ薄膜形成装置を提供することを課題とする。

**【0011】****【課題を解決するための手段】**

40

請求項1に記載の発明は、反応容器内へレーザビームを入射させ、反応容器内に供給された原料ガスを光分解し、薄膜を基板上に堆積させるレーザ薄膜形成装置において、少なくとも1つの半導体レーザによって、複数の発光点が生じるように構成されたレーザ光源と、前記レーザ光源から出射されたレーザビームを前記基板の幅方向へライン状に集光させる光学系と、を有することを特徴としている。

**【0012】**

請求項1に記載の発明では、反応容器内へレーザビームを入射させ、反応容器内に供給された原料ガスを光分解し、薄膜を基板上に堆積させる。

**【0013】**

ここで、レーザ光源は、複数の発光点が生じるように構成されており、発光点は基板の幅

50

方向に沿ってライン状に配列されている。このレーザービームは、光学系により基板の幅方向へライン状に集光され、基板の幅方向に亘るラインビームとなって照射される。

【0014】

このため、従来の単一光源のレーザービームのように、基板の幅方向へ基板を移動したり、或はレーザービームを走査する必要がなく、全面を成膜するためには、一方向へ、基板を移動又はラインビームを走査するだけでよいので、装置構成が複雑にならない。また、一度に成膜される範囲が大きいので、成膜面積の大きい製品の薄膜形成に適している。

【0015】

請求項2に記載の発明は、前記基板が載置され、該基板の幅方向と直交する方向へ移動可能な移動ステージを有することを特徴としている。

10

【0016】

請求項2に記載の発明では、基板が載置された移動ステージが、基板の幅方向と直交する方向へ移動する。このため、ラインビームを走査する走査光学系を設ける必要がなくなり、装置構成が簡単になる。

【0017】

請求項3に記載の発明は、反応容器内へレーザービームを入射させ、反応容器に収納された固体材料に照射することで固体材料を気化させ、薄膜を基板上に堆積させるレーザー薄膜形成装置において、前記レーザービームが出射するレーザー出射部が前記固体材料の幅方向に沿ってライン状に配列されたレーザー光源と、前記レーザー光源から出射されたレーザービームを前記固体材料の幅方向に亘ってライン状に集光させる光学系と、を有することを特徴とし

20

【0018】

請求項3に記載の発明では、反応容器内へレーザービームを入射させ、反応容器に収納された固体材料に照射することで固体材料を気化させ、薄膜を基板上に堆積させる。

【0019】

ここで、レーザー光源のレーザー出射部は、固体材料の幅方向に沿ってライン状に配列されている。このレーザービームは、光学系により固体材料の幅に亘ってライン状に集光され、固体材料の幅方向に亘るラインビームとなって照射される。

【0020】

このため、従来のように、固体材料又はレーザービームを固体材料の幅方向へ走査して固体材料の全面にレーザービームを照射する必要がなくなる。

30

【0021】

請求項4に記載の発明は、前記レーザー光源を、下記(1)～(5)の何れか1つの光源で構成している。

(1) 複数の半導体レーザーと、1本の光ファイバと、前記複数の半導体レーザーの各々から出射されたレーザービームを集光し、集光ビームを前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系と、を備えた合波レーザー光源。

(2) (1)の合波レーザー光源における前記半導体レーザーを、複数の発光点を備えたマルチキャビティレーザーで構成した合波レーザー光源。

(3) 複数の発光点を備えたマルチキャビティレーザーと、1本の光ファイバと、前記複数の発光点の各々から出射されたレーザービームを集光し、集光ビームを前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系と、を備えた合波レーザー光源。

40

(4) 前記合波レーザー光源を複数備え、該複数の合波レーザー光源の光ファイバの出射端における発光点の各々がアレイ状に配列されたファイバアレイ光源、又はバンドル状に配列されたファイババンドル光源。

(5) 単一の半導体レーザーと、1本の光ファイバと、前記単一の半導体レーザーから出射されたレーザービームを集光し、集光ビームを前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系と、を備えたファイバ光源を複数備え、該複数のファイバ光源の光ファイバの出射端における発光点の各々がアレイ状に配列されたファイバアレイ光源、又はバンドル状に配列されたファイババンドル光源。

50

## 【0022】

請求項4に記載の発明では、レーザ光源として、上記の光源を好適に用いている。この中でも、高出力化や高輝度化が容易な、合波レーザ光源、及び合波レーザ光源を複数用いたファイバアレイ光源やファイババンドル光源が特に好ましい。即ち、合波レーザ光源は、合波するレーザビームの本数を増やすことで、高輝度化を図ることができる。これにより、ポリシリコン膜の結晶特性を改善し低抵抗化して、キャリア移動度を更に上げることができる。また、ファイバアレイ光源やファイババンドル光源では、複数本の光ファイバを束ねて光源を構成するので、同時にレーザ照射できる面積が大きくなり、大面積を高速に薄膜形成することができる。即ち、更なる高速化が容易である。

## 【0023】

請求項5に記載の発明は、前記レーザ光源が、Al、Ga、Inの少なくとも1種類を含む発光層を有するIII族窒素系半導体レーザで構成されていることを特徴としている。

## 【0024】

請求項5に記載の発明では、レーザ光源として、Al、Ga、Inの少なくとも1種類を含む発光層を有するIII族窒素系半導体レーザを用いることで、ArFエキシマレーザと比較して低コストで長寿命の光源を構成することができる。

## 【0025】

例えば、連続駆動が可能で出力安定性に優れたGaN系半導体レーザをレーザ光源に用いることで、パルス幅、繰り返し周波数が可変となるため、薄膜の粒径制御が可能となる。

## 【0026】

また、ArFエキシマレーザを用いた薄膜形成装置と比べて小型で信頼性が高く、メンテナンスが容易でエネルギー効率も高い。更に、波長200～450nmのレーザビームを使用するので、特殊な材料の光学系を使用する必要が無く低コストとなる。また、繰り返し周波数が10MHz～1GHzと高いため、エネルギーを蓄積する時間が短く、成膜速度が速くなる。

## 【0027】

なお、複数のレーザ出射部を備えたレーザ光源としては、以下の光源が好適に用いられる。この中でも、高出力化や高輝度化が容易な、合波レーザ光源、及び合波レーザ光源を複数用いたファイバアレイ光源やファイババンドル光源が特に好ましい。即ち、合波レーザ光源は、合波するレーザビームの本数を増やすことで、高輝度化を図ることができ、成膜速度が上がる。

## 【0028】

また、光ファイバの出射端をレーザ出射部として使用するレーザ光源の場合、光ファイバとして、コア径が均一で出射端のクラッド径が入射端のクラッド径より小さい光ファイバを用いることが好ましい。

## 【0029】

出射端のクラッド径が大きい光ファイバを用いたファイバ光源では、バンドル化した際、レーザ出射部の発光点の径が大きくなり、十分な焦点深度が得られない。しかし、出射端のクラッド径を小さくすることで、コアが接近するため、光源の高輝度化を図ることができる。これにより、焦点深度が深くなり、一度の照射で成膜できる面積が大きくなる。

## 【0030】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の第1実施形態に係るレーザ薄膜形成装置について説明する。

## (レーザ薄膜形成装置)

図1に示すように、レーザ薄膜形成装置70は、閉空間とされた箱状のチャンバー72を備えている。チャンバー72の側壁には、後述するファイバアレイ光源66から出射されたラインビームが入射する入射窓74と、ラインビームの出口となる出口窓76が設けられている。なお、入射窓74は、透過率の高い合成石英ガラス78で密閉されている。

## 【0031】

チャンバー 72 は、原料ガスとしてシランガス ( $\text{SiH}_4$ ) を供給する供給路 80 が設けられており、原料ガスポンプ 82 がマスフローコントローラ 84 を介して接続されている。また、チャンバー 72 の底壁には、排ガスを排気する排気通路 86 が配置され、真空ポンプ 88 でチャンバー 72 内のガスを排気すると共にチャンバー 72 の内圧が調整される。

【0032】

なお、チャンバー 72 の底壁には、チャンバー 72 内のガスを四重極マスフィルタ 90 へ導く導入管 92 が接続されており、四重極マスフィルタ 90 でチャンバー 72 内の反応生成物のモニタリングが可能となっている。

【0033】

一方、チャンバー 72 の中央部には、薄膜形成の対象となるガラス製の基板 94 が載置される移動ステージ 96 が配置されている。この移動ステージ 96 の中にはヒータ 100 が内蔵されており、基板 94 を約 250℃ の温度域に保持する。

【0034】

また、移動ステージ 96 は、ラインビームによって、原料ガスを励起して薄膜 S の堆積を行うことができる位置に配置されている。つまり、ラインビームの照射領域内に位置している。

【0035】

また、移動ステージ 96 の下面はガイドレール 98 と係合する凹部 102 が形成されており、ガイドレール 98 に沿って移動ステージ 96 は所定の速度で矢印 A 方向へ移動する。この移動方向 (矢印 A 方向) は、ラインビームのビームウエスト W (光分解反応領域: 図 4 参照) を直交する方向である。

(ファイバアレイ光源)

ファイバアレイ光源 66 は、図 5 (A) に示すように、多数のレーザモジュール 64 を備えており、各レーザモジュール 64 には、マルチモード光ファイバ 30 の一端が結合されている。マルチモード光ファイバ 30 の他端には、コア径がマルチモード光ファイバ 30 と同一で且つクラッド径がマルチモード光ファイバ 30 より小さい光ファイバ 31 が結合されている。

【0036】

光ファイバ 31 の出射端部 (発光点) はライン状に 1 列に配列されてレーザ出射部 68 とされている。この発光点の配列方向は、チャンバー 72 内に設けられた移動ステージ 96 の移動方向 (矢印 A 方向) と直交する方向となっており、移動ステージ 96 に載置された基板 94 の幅方向へ所定の幅を持ったラインビームが横切る構成である。

【0037】

光ファイバ 31 の出射端部は、図 5 (B) に示すように、表面が平坦な 2 枚の支持板 65 に挟み込まれて固定されている。また、光ファイバ 31 の出射端部はガラス等の透明な保護板 63 で保護されている。保護板 63 は、光ファイバ 31 の端面と密着させて配置してもよく、光ファイバ 31 の端面が密封されるように配置してもよい。光ファイバ 31 の出射端部は、光密度が高く集塵し易く劣化し易いが、保護板 63 を配置することにより端面への塵埃の付着を防止することができると共に劣化を遅らせることができる。

【0038】

また、レーザ出射部 68 の前面には、コリメータレンズ 128 が設けられており、レーザ出射部 68 から出射されたレーザビームが平行光化される。平行光化されたレーザビームは、シリンドリカルレンズ 104 によって、光ファイバ 31 の出射端部の配列方向と直交する方向のみに集光される。

【0039】

シリンドリカルレンズ 104 は、所定方向に曲率を有し且つ所定方向と直交する方向に長い形状をしており、長手方向 (所定方向と直交する方向) が光ファイバ 30 の出射端の配列方向と平行になるように配置されている。これにより、基板 94 の上方にライン状に結像されラインビームとなる。

## 【0040】

また、本実施例では、クラッド径が小さい光ファイバ31の出射端を隙間無く1列に配列するために、クラッド径が大きい部分で隣接する2本のマルチモード光ファイバ30の間にマルチモード光ファイバ30を積み重ね、積み重ねられたマルチモード光ファイバ30に結合された光ファイバ31の出射端が、クラッド径が大きい部分で隣接する2本のマルチモード光ファイバ30に結合された光ファイバ31の2つの出射端の間に挟まれるように配列されている。

## 【0041】

このような光ファイバは、例えば、図6に示すように、クラッド径が大きいマルチモード光ファイバ30のレーザビーム出射側の先端部分に、長さ1〜30cmのクラッド径が小さい光ファイバ31を同軸的に結合することにより得ることができる。2本の光ファイバは、光ファイバ31の入射端面が、マルチモード光ファイバ30の出射端面に、両光ファイバの中心軸が一致するように融着されて結合されている。上述した通り、光ファイバ31のコア31aの径は、マルチモード光ファイバ30のコア30aの径と同じ大きさである。

## 【0042】

また、長さが短くクラッド径が大きい光ファイバにクラッド径が小さい光ファイバを融着させた短尺光ファイバを、フェルルールや光コネクタ等を介してマルチモード光ファイバ30の出射端に結合してもよい。コネクタ等を用いて着脱可能に結合することで、クラッド径が小さい光ファイバが破損した場合等に先端部分の交換が容易になり、照射ヘッドのメンテナンスに要するコストを低減できる。なお、以下では、光ファイバ31を、マルチモード光ファイバ30の出射端部と称する場合がある。

## 【0043】

マルチモード光ファイバ30及び光ファイバ31としては、ステップインデックス型光ファイバ、グレーテッドインデックス型光ファイバ、及び複合型光ファイバの何れでもよい。例えば、三菱電線工業株式会社製のステップインデックス型光ファイバを用いることができる。本実施の形態では、マルチモード光ファイバ30及び光ファイバ31は、ステップインデックス型光ファイバであり、マルチモード光ファイバ30は、クラッド径=125 $\mu$ m、コア径=25 $\mu$ m、NA=0.2、入射端面コートの透過率=99.5%以上であり、光ファイバ31は、クラッド径=60 $\mu$ m、コア径=25 $\mu$ m、NA=0.2である。

## 【0044】

一般に、赤外領域のレーザビームでは、光ファイバのクラッド径を小さくすると伝搬損失が増加する。このため、レーザビームの波長帯域に応じて好適なクラッド径が決定されている。しかしながら、波長が短いほど伝搬損失は少なくなり、Ga<sub>0.49</sub>N<sub>0.51</sub>系半導体レーザから出射された波長405nmのレーザビームでは、クラッドの厚み $\{(\text{クラッド径}-\text{コア径})/2\}$ を800nmの波長帯域の赤外光を伝搬させる場合の1/2程度、通信用の1.5 $\mu$ mの波長帯域の赤外光を伝搬させる場合の約1/4にしても、伝搬損失は殆ど増加しない。従って、クラッド径を60 $\mu$ mと小さくすることができる。

## 【0045】

但し、光ファイバ31のクラッド径は60 $\mu$ mには限定されない。従来のファイバ光源に使用されている光ファイバのクラッド径は125 $\mu$ mであるが、クラッド径が小さくなるほど焦点深度がより深くなるので、マルチモード光ファイバのクラッド径は80 $\mu$ m以下が好ましく、60 $\mu$ m以下がより好ましく、40 $\mu$ m以下が更に好ましい。一方、コア径は少なくとも3〜4 $\mu$ m必要であることから、光ファイバ31のクラッド径は10 $\mu$ m以上が好ましい。

## 【0046】

レーザモジュール64は、図7に示す合波レーザ光源（ファイバ光源）によって構成されている。この合波レーザ光源は、ヒートブロック10上に配列固定された複数（例えば、7個）のチップ状の横マルチモード又はシングルモードのGa<sub>0.49</sub>N<sub>0.51</sub>系半導体レーザLD1、



LD 2, LD 3, LD 4, LD 5, LD 6, 及び LD 7 と、Ga N 系半導体レーザ LD 1 ~ LD 7 の各々に対応して設けられたコリメータレンズ 11, 12, 13, 14, 15, 16, 及び 17 と、1つの集光レンズ 20 と、1本のマルチモード光ファイバ 30 と、から構成されている。なお、半導体レーザの個数は7個には限定されない。例えば、クラッド径 = 60  $\mu$ m、コア径 = 50  $\mu$ m、NA = 0.2 のマルチモード光ファイバには、20 個もの半導体レーザ光を入射することが可能であり、照射ヘッドの必要光量を実現して、且つ光ファイバ本数をより減らすことができる。

【0047】

Ga N 系半導体レーザ LD 1 ~ LD 7 は、発振波長が総て共通（例えば、405 nm）であり、最大出力も総て共通（例えば、マルチモードレーザでは 100 mW、シングルモードレーザでは 30 mW）である。なお、Ga N 系半導体レーザ LD 1 ~ LD 7 としては、350 nm ~ 450 nm の波長範囲で、上記の 405 nm 以外の発振波長を備えるレーザを用いてもよい。

【0048】

上記の合波レーザ光源は、図 8 及び図 9 に示すように、他の光学要素と共に、上方が開口した箱状のパッケージ 40 内に収納されている。パッケージ 40 は、その開口を閉じるように作成されたパッケージ蓋 41 を備えており、脱気処理後に封止ガスを導入し、パッケージ 40 の開口をパッケージ蓋 41 で閉じることにより、パッケージ 40 とパッケージ蓋 41 とにより形成される閉空間（封止空間）内に上記合波レーザ光源が気密封止されている。

【0049】

パッケージ 40 の底面にはベース板 42 が固定されており、このベース板 42 の上面には、前記ヒートブロック 10 と、集光レンズ 20 を保持する集光レンズホルダー 45 と、マルチモード光ファイバ 30 の入射端部を保持するファイバホルダー 46 とが取り付けられている。マルチモード光ファイバ 30 の出射端部は、パッケージ 40 の壁面に形成された開口からパッケージ外に引き出されている。

【0050】

また、ヒートブロック 10 の側面にはコリメータレンズホルダー 44 が取り付けられており、コリメータレンズ 11 ~ 17 が保持されている。パッケージ 40 の横壁面には開口が形成され、この開口を通して Ga N 系半導体レーザ LD 1 ~ LD 7 に駆動電流を供給する配線 47 がパッケージ外に引き出されている。

【0051】

なお、図 9 においては、図の煩雑化を避けるために、複数の Ga N 系半導体レーザのうち Ga N 系半導体レーザ LD 7 にのみ番号を付し、複数のコリメータレンズのうちコリメータレンズ 17 にのみ番号を付している。

【0052】

図 10 は、上記コリメータレンズ 11 ~ 17 の取り付け部分の正面形状を示すものである。コリメータレンズ 11 ~ 17 の各々は、非球面を備えた円形レンズの光軸を含む領域を平行な平面で細長く切り取った形状に形成されている。この細長形状のコリメータレンズは、例えば、樹脂又は光学ガラスをモールド成形することによって形成することができる。コリメータレンズ 11 ~ 17 は、長さ方向が Ga N 系半導体レーザ LD 1 ~ LD 7 の発光点の配列方向（図 10 の左右方向）と直交するように、上記発光点の配列方向に密接配置されている。

【0053】

一方、Ga N 系半導体レーザ LD 1 ~ LD 7 としては、発光幅が 2  $\mu$ m の活性層を備え、活性層と平行な方向、直角な方向の拡がり角が各々例えば 10°、30° の状態で各々レーザビーム B 1 ~ B 7 を発するレーザが用いられている。これら Ga N 系半導体レーザ LD 1 ~ LD 7 は、活性層と平行な方向に発光点が 1 列に並ぶように配設されている。

【0054】

従って、各発光点から発せられたレーザビーム B 1 ~ B 7 は、上述のように細長形状の各

コリメータレンズ11～17に対して、拡がり角度が大きい方向が長さ方向と一致し、拡がり角度が小さい方向が幅方向（長さ方向と直交する方向）と一致する状態で入射することになる。つまり、各コリメータレンズ11～17の幅が1.1mm、長さが4.6mmであり、それらに入射するレーザビームB1～B7の水平方向、垂直方向のビーム径は各々0.9mm、2.6mmである。また、コリメータレンズ11～17の各々は、焦点距離 $f_1 = 3\text{mm}$ 、 $\text{NA} = 0.6$ 、レンズ配置ピッチ=1.25mmである。

【0055】

集光レンズ20は、非球面を備えた円形レンズの光軸を含む領域を平行な平面で細長く切り取って、コリメータレンズ11～17の配列方向、つまり水平方向に長く、それと直角な方向に短い形状に形成されている。この集光レンズ20は、焦点距離 $f_2 = 23\text{mm}$ 、 $\text{NA} = 0.2$ である。この集光レンズ20も、例えば、樹脂又は光学ガラスをモールド成形することにより形成される。

【0056】

レーザ薄膜形成装置の作用について説明する。

【0057】

ファイバアレイ光源66の合波レーザ光源を構成するGa<sub>0.4</sub>N系半導体レーザLD1～LD7の各々から発散光状態で出射したレーザビームB1、B2、B3、B4、B5、B6、及びB7の各々は、対応するコリメータレンズ11～17によって平行光化される。平行光化されたレーザビームB1～B7は、集光レンズ20によって集光され、マルチモード光ファイバ30のコア30aの入射端面に収束する。

【0058】

本例では、コリメータレンズ11～17及び集光レンズ20によって集光光学系が構成され、その集光光学系とマルチモード光ファイバ30とによって合波光学系が構成されている。即ち、集光レンズ20によって上述のように集光されたレーザビームB1～B7が、このマルチモード光ファイバ30のコア30aに入射して光ファイバ内を伝搬し、1本のレーザビームBに合波されてマルチモード光ファイバ30の出射端部に結合された光ファイバ31から出射する。

【0059】

各レーザモジュールにおいて、レーザビームB1～B7のマルチモード光ファイバ30への結合効率が0.85で、Ga<sub>0.4</sub>N系半導体レーザLD1～LD7の各出力が30mWの場合（シングルモードレーザを使用する場合）には、アレイ状に配列された光ファイバ31の各々について、出力180mW（=30mW×0.85×7）の合波レーザビームBを得ることができる。従って、1200本の光ファイバ31がアレイ状に配列されたレーザ出射部68での出力は約216W（=180mW×1200）である。

【0060】

なお、本実施では、光ファイバ31の本数は1200本としたが、光ファイバ31の本数は、ラインビームの長さが、薄膜Sを堆積させる基板94の幅サイズより大きくなるように決定される。

【0061】

すなわち、アレイ化する光ファイバの本数を増やすことにより、エネルギー強度とその均一性を維持した状態でラインビーム長を伸張することができる。従って、大型TF-T-LCDパネルの薄膜形成装置として利用できる。

【0062】

ファイバアレイ光源66のレーザ出射部68には、高輝度の発光点が主走査方向に沿って一列に配列されている。単一の半導体レーザからのレーザビームを1本の光ファイバに結合させる従来のファイバ光源は低出力であるため、多数列配列しなければ所望の出力を得ることができなかったが、本実施の形態で使用する合波レーザ光源は高出力であるため、少数列、例えば1列でも所望の出力を得ることができる。

【0063】

また、マルチモード光ファイバ30として、クラッド径=125μm、コア径=50μm

、 $NA=0.2$ のステップインデックス型光ファイバを用いた場合には、レーザ出射部68でのビーム径は $50\mu m \times 150mm$ である。基板94の上方での照射エリアは $50\mu m \times 150mm$ となる。従って、 $1msec$ で照射する場合は、基板94の上での光密度は $960mJ/cm^2$ である。光学系による損失を約75%と見積っても、照射面上での光密度は $720mJ/cm^2$ である。よって、 $1sec$ 間に $150mm$ のライン長さを照射できる。

【0064】

このような構成により、ライン状となって出射するレーザビームは、コリメータレンズ128で平行光とされ、シリンドリカルレンズ104によって光ファイバ31の配列方向と直交する方向にのみ集光されてラインビームとなる。ラインビームは、チャンバー72の入射窓74から入射して、図2～図4に示すように、ビームウエスト( $50\mu m$ )中心として $50\mu m \sim 60\mu m$ (ビームウエスト $\times 1.2$ )の範囲を反応領域として、基板94の幅方向に亘って光エネルギーを与える。また、焦点深度が大きいため反応領域の幅も大きくなっている。

【0065】

一方、基板94は、ヒーター100によって約 $300^\circ C$ 程度の温度域に保持されている。また、供給路80から原料ガスとして10%He希釈のシランガス( $SiH_4$ )が供給される。シランガスは基板94の上方に拡散し、レーザビームの光エネルギーによって分解され、 $SiO_2$ の絶縁薄膜Sが反応領域の幅で幅方向に亘って、ガラス製の基板94の上に堆積させる。

【0066】

ここで、ラインビームで照射される領域は、基板の幅方向に亘っているため、従来の単一光源のレーザビームのように(図13参照)、レーザビームを偏向走査する必要がない。

【0067】

また、基板94の全面に成膜するため、移動ステージ96が矢印A方向に一定の速度で移動し、基板94の端部から順次、大きな範囲で $SiO_2$ の絶縁薄膜を形成していく。

【0068】

なお、本実施例では、基板94を移動して全面に成膜するようにしたが、ラインビームをA方向にのみに偏向して、全面をラインビームで照射するようにすることもできる。

【0069】

また、チャンバー72へ供給される原料ガスは、目的とする膜の種類によって当然変わるものであり、金属膜を形成する場合は、金属カルボニル $Cr(CO)_5$ 、 $Mo(CO)_6$ 、 $W(CO)_6$ などを原料ガスとして、それぞれCr、Mo、Wの金属膜を形成し、また、 $Al(CH_3)_3$ を原料ガスとしてAl配線を形成したり、低温、低損傷を生かすことで種々の成膜に利用できる。

【0070】

さらに、レーザビームの光量制御を行うことで、膜厚の調整が可能となり、また、レーザビームを走査することで、光エネルギーの空間分布を制御することもできる。

【0071】

次に、第2実施形態のレーザ・スパッタ薄膜形成装置について説明する。

【0072】

図11に示すように、真空槽106の底部には、固体材料としてSiターゲット108を載せるターゲット支持台110が設けられている。また、真空槽106の天井部からは基板94を保持するホルダー112が垂下されており、赤外線ランプ114で基板94の温度が $250^\circ C$ に保温されている。

【0073】

真空槽106の右側壁には、Ar(アルゴン)等の不活性ガスを導入する導入管116が設けられ、導入管116の下方には、真空槽106内の排ガスを排気する排気管118が配置されている。また、真空槽106の左側壁には、入射窓120が設けられており、ラインビームが真空槽106内へ入射するようになっている。

## 【0074】

また、ラインビームは、反射ミラー130で折り返され、レンズ132で集光されて入射窓120を通過し、Siターゲット108を照射してブルームP（スパッタ粒子）を発生させ、基板94の表面に良質のSi膜を高速で形成する。

## 【0075】

ここで、図12に示すように、Siターゲット108には、全幅に亘ってラインビームが照射されるので、ターゲット支持台110を矢印方向へ平行移動させることにより、矩形状のSiターゲット108の全面に漏れなくラインビームが照射される。このため、効率よく、ブルームを発生させることができる。

## 【0076】

以上のように、本発明は、矩形状のターゲットに均一にラインビームを照射することにより、それに対向する矩形状の基板に均一に薄膜形成が可能になる。しかも、光偏向が不要であるため光学系が簡便になり、薄膜形成装置を安価に実現できる。

## 【0077】

なお、本実施例では、半導体レーザとして、GaN系半導体レーザを例に採って説明したが、Al、Ga、Inの少なくとも1種類を含むIII族窒素系半導体レーザ、すなわち、 $Al_xGa_yIn_z$ のように、XYZの混合比を任意に変えることで、発光層の光学ギャップを変えることができる。

## 【0078】

例えば、GaNの光学ギャップ3.2～3.5 eVを基準にすると、これにAlを加えることにより、6.5 eV程度大きくすることができ、紫外領域にも対応することができる。また、Inを加えることにより、1.9 eV程度まで変化させることができ、可視領域にも対応できる。なお、レーザの波長は、Al窒素系の場合、約200 nm、Ga窒素系の場合、約350 nmとなる。

## 【0079】

## 【発明の効果】

本発明は、上記構成としたので、大面積を均一に成膜でき、また、低コストで寿命の長いレーザ光源とすることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態に係るレーザ薄膜形成装置の全体図である。

【図2】第1実施形態に係るレーザ薄膜形成装置のラインビームと基板との位置関係を示す斜視図である。

【図3】第1実施形態に係るレーザ薄膜形成装置のラインビームと基板との位置関係を示す平面図である。

【図4】第1実施形態に係るレーザ薄膜形成装置のラインビームと基板との位置関係を示す側面図である。

【図5】（A）はファイバアレイ光源の構成を示す斜視図であり、（B）は（Aの部分拡大図である。

【図6】マルチモード光ファイバの構成を示す図である。

【図7】合波レーザ光源の構成を示す平面図である。

【図8】レーザモジュールの構成を示す平面図である。

【図9】図8に示すレーザモジュールの構成を示す側面図である。

【図10】図8に示すレーザモジュールの構成を示す部分側面図である。

【図11】第2実施形態に係るレーザ薄膜形成装置の全体図である。

【図12】ラインビームとターゲットとの位置関係を示す斜視図である。

【図13】従来のレーザ薄膜形成装置の説明図である。

## 【符号の説明】

- 64 レーザモジュール
- 66 ファイバアレイ光源（レーザ光源）
- 68 レーザ出射部

10

20

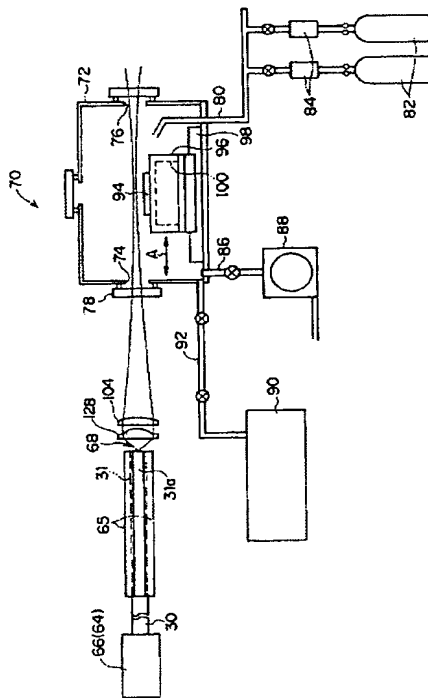
30

40

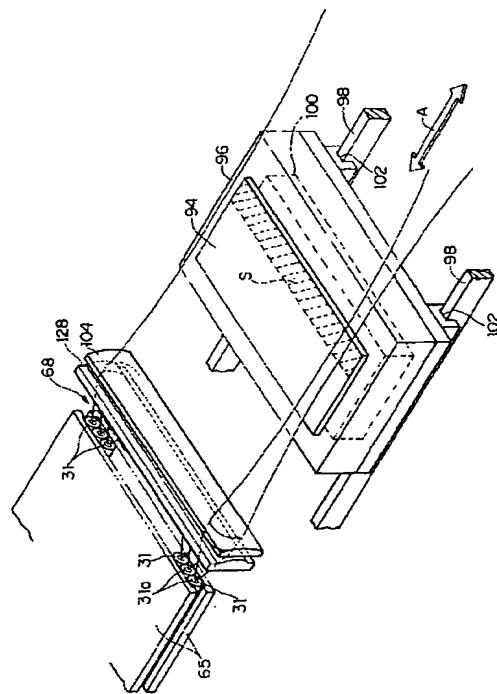
50

- 72      チャンバー（反応容器）
- 96      移動ステージ
- 104    シリンドリカルレンズ（光学系）
- 106    真空槽（反応容器）
- 108    Siターゲット（固体材料）
- 110    ターゲット支持台

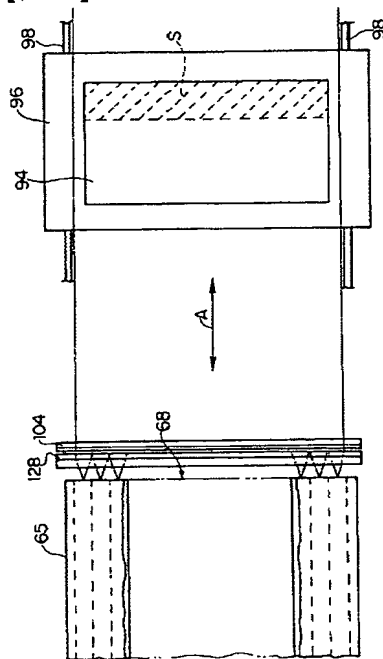
【図 1】



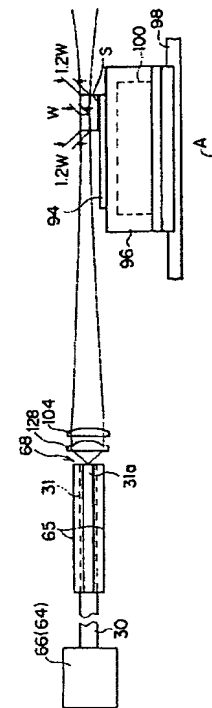
【図 2】



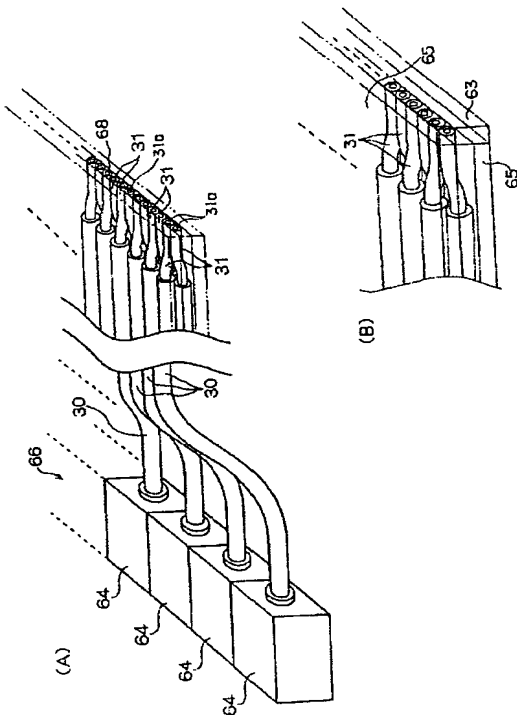
【図 3】



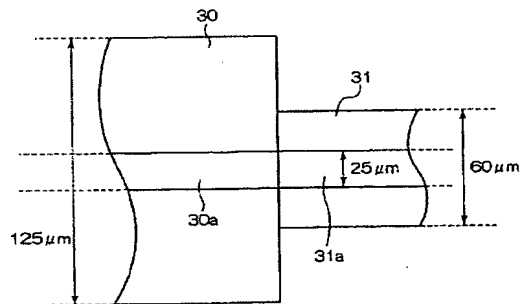
【図 4】



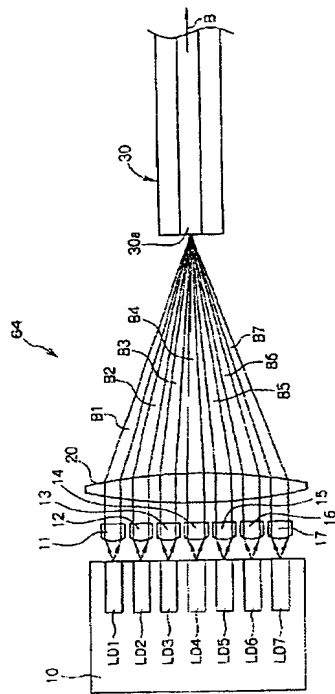
【図 5】



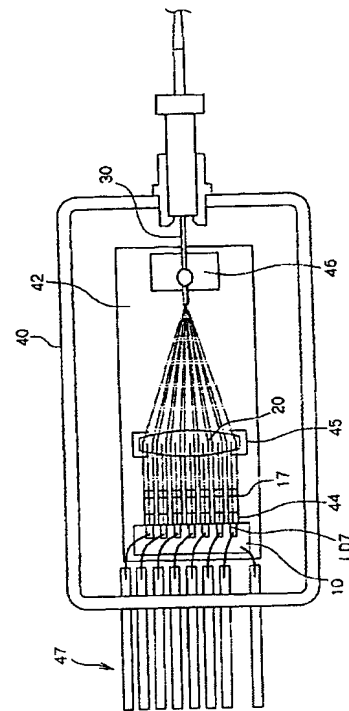
【図 6】



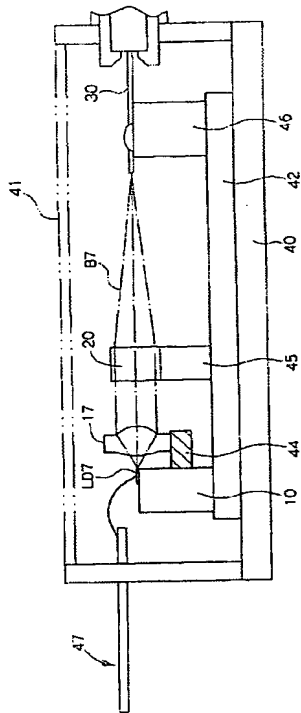
【図 7】



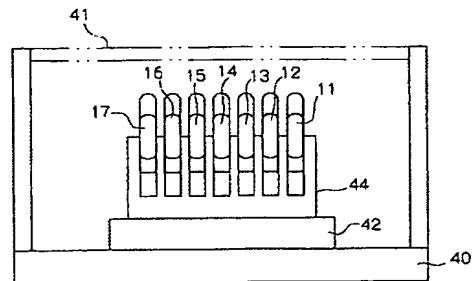
【図 8】



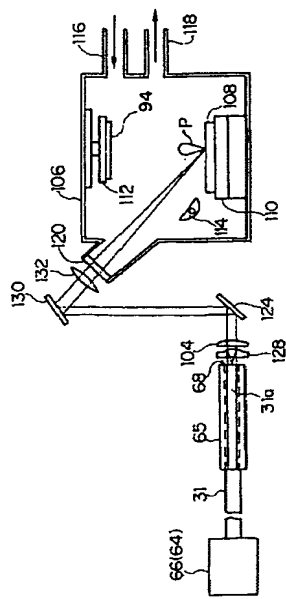
【図 9】



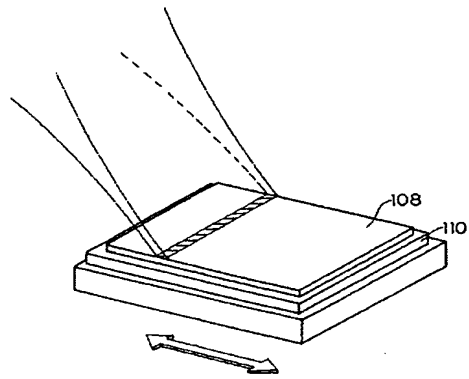
【図 10】



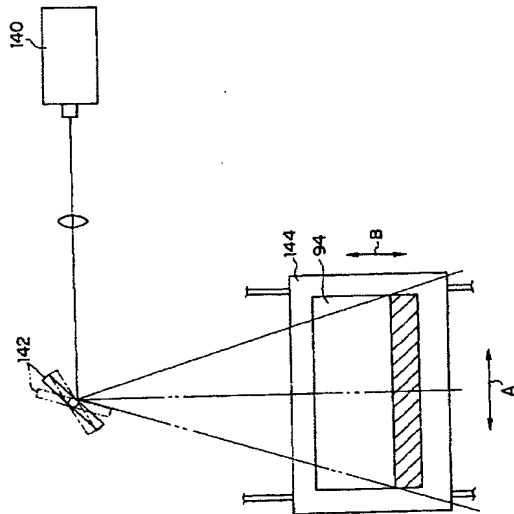
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】





---

フロントページの続き

(72)発明者 岡崎 洋二

神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

(72)発明者 永野 和彦

神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

F ターム(参考) 4K030 FA07 KA36 KA37 LA11

5F072 AB13 JJ03 KK30 MM07 MM09 YY06